

## Pemesinan Laju Tinggi dan Pemesinan Kering Menggunakan Pahat Karbida pada Bahan Aluminium 6061

Bobby Umroh<sup>1\*</sup>, Surya Murni Yunus<sup>2</sup>, Syamsul Basri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Tjut Nyak Dhien Medan, Jl. Gatot Subroto/Jl. Rasmi No 28, Medan 20123

<sup>2</sup>Institut Teknologi Medan, Jl. Gedung Arca No 52, Medan 20217

\*Korespondensi penulis, e-mail: bobbyumroh@yahoo.com

### ABSTRAK

Penelitian pemesinan laju tinggi dan pemesinan kering ini dilakukan untuk mendapatkan kondisi pemotongan terbaik terhadap kekasaran permukaan bahan aluminium 6061 menggunakan pahat karbida. Pengumpulan data pengujian pemesinan ini dilakukan sebanyak 4 kali percobaan dengan 3 variabel utama yaitu laju pemotongan ( $V$ ), laju pemakanan ( $f$ ) dan kedalaman potong ( $a$ ) pada tiga tingkat besaran. Kondisi kekasaran permukaan terbaik ditentukan oleh laju pemakanan, dimana laju pemakanan yang direkomendasikan adalah pada  $f = 0,12$  mm/rev atau  $> 0,17$  mm/rev. Pengaruh gaya potong berbanding terbalik dengan nilai laju pemotongan. Semakin besar gaya potong maka nilai keasaran juga semakin kecil. Kedalaman potong dan laju pemotongan juga berpengaruh pada kekasaran permukaan namun tidak pada setiap kondisi yang ditentukan. Pada kondisi terendah dengan  $V = 1000$  m/min  $f = 0,12$  mm/rev dan  $a = 1$  mm, terjadi cacat permukaan (surface defect). Kemungkinan, ini disebabkan karena getaran pahat akibat ketidakseimbangan dinamik pada proses pemotongan.

**Kata kunci:** Pemesinan laju tinggi, gaya potong, kekasaran permukaan, koyak permukaan

### ABSTRACT

*Research of high speed machining and dry machining use for the best cutting conditions on the roughness aluminum 6061 material surface using a carbide tool. Collection machining test data is performed 4 times trial with 3 main variable is the rate of cutting ( $V$ ), Ingestion rate ( $f$ ) and depth of cut ( $a$ ) at three levels of scale. The best surface roughness conditions is determined by the rate of the cemetery, where the rate of feeding is recommended at  $f = 0.12$  mm/rev or  $< 0.17$  mm/rev. Effect of cutting force is inversely proportional to the value of rate of cuts. At the greater of the cutting force so the surface roughness also getting smaller. Depth of cut and rate cuts also affects on the surface roughness but not in any condition determined. At the lowest state with  $V = 1000$  m/min  $f = 0.12$  mm/rev and  $a = 1$  mm, surface defects (surface defect). Possibly, this is caused by the vibration of the tool due to lack of dynamic balance in the cutting process.*

**Keywords:** High-speed machining, cutting force, surfaceroughness, surface defect.

### PENDAHULUAN

Industri pemotongan logam merupakan bagian penting dalam industri manufaktur. Untuk memenuhi permintaan pasar terhadap kebutuhan bagian-bagian mesin, perlu dilakukan peningkatan produktifitas dengan tetap memperhatikan kelestarian lingkungan.

Produktifitas yang tinggi dapat dicapai dengan menggunakan teknologi proses pemesinan terkini yaitu pemesinan laju tinggi yang berhubungan erat dengan laju pemotongan, laju pemakanan dan kedalaman potong yang tinggi. Selain peningkatan produktifitas, proses produksi dilakukan dengan metode yang dapat menjaga kelestarian lingkungan. Metode ini menggunakan konsep pemesinan kering.

Pemesinan laju tinggi adalah proses pemotongan logam yang dicirikan dengan laju pemotongan yang tinggi dan berhubungan erat dengan jenis bahan yang dipotong [1]. Untuk bahan kerja aluminium laju pemotongan pada pemesinan lajuninggi adalah  $> 1000$  m/min. Selanjutnya, pemesinan kering adalah proses pemotongan logam yang dilakukan tanpa adanya cairan pemotongan yang biasanya digunakan lebih sedikit yaitu 5 ml/min (minimal quantity lubrication) atau sama sekali tidak menggunakan media pendingin dan media pelumas. Pemesinan kering memiliki kelebihan yaitu tidak digunakannya cairan pemotongan, sehingga dapat mengurangi ongkos produksi sebesar 16-20% dan berpengaruh pada pelestarian lingkungan karena tidak adanya cairan pemotongan bekas yang dibuang kealam bebas [2].

Peneliti terdahulu [3] melakukan kajian pemesinan laju tinggi pada bahan aluminium produksi otomotif dilakukan untuk meningkatkan produktifitas. Namun penelitian yang dilakukan pada umumnya masih menggunakan cairan pemotongan F. Itogawa et al. [4] melakukan penelitian mengenai pemotongan aluminium pada keadaan kering namun tidak menggunakan pemesinan laju tinggi. Implementasi pemesinan laju tinggi yang dilakukan pada bahan aluminium pada pemesinan basah memang berhasil meningkatkan produktifitasnya, namun dari aspek pelestarian lingkungan, cairan pemotongan yang digunakan masih berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian tentang pemesinan laju tinggi terhadap produk otomotif yang tidak mencemari lingkungan.

Objek yang dikaji pada penelitian dengan topik pemesinan laju tinggi dan pemesinan kering, subjek pada penelitian ini difokuskan pada kondisi maksimal pemotongan dan minimal kondisi pemotongan yang ditentukan dengan keasaran permukaan batas semi finishing  $< 1.6 \mu\text{m}$  pada pemesinan kering dan pemesinan laju tinggi. Benda kerja yang dipakai pada penelitian ini adalah Aluminium dengan pengenalan AL 6061. Pada konstruksi rekayasa bahan tersebut lazim digunakan sebagai bahan bagian dari produk otomotif seperti: velg, piston, deksel dan jenis spare part otomotif lainnya

## METODE PENELITIAN

Material yang digunakan sebagai benda uji adalah Aluminium 6061. Bahan ini dipilih karena banyak ditemukan dan digunakan di industri untuk membuat komponen-komponen otomotif. Komposisi kimia dan sifat fisika material ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Pahat yang digunakan adalah pahat karbida yang memiliki ketahanan terhadap panas dan ketahanan aus serta temperatur kerja yang baik, dan diproduksi oleh SANDVIK Coromant Berdasarkan pertimbangan diatas dengan standard ISO K10

**Tabel 1.** Komposisi Aluminium 6061

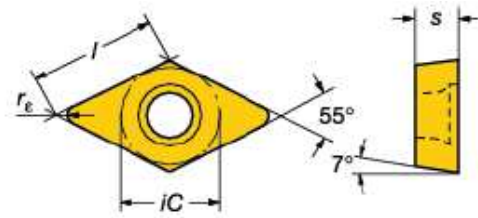
| Si (%) | Fe (%) | Cu (%) | Mn (%) | Mg (%) | Cr (%) | Zn (%) | Ti (%) | Al (%) |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0,6496 | 0,70   | 0,2487 | 0,1129 | 0,9290 | 0,1014 | 0,1196 | 0,181  | sisia  |

Sumber: Kalpakjian 1995

**Tabel 2.** Sifat Mekanik Aluminium 6061

| Mechanical Properties | Nilai   |
|-----------------------|---------|
| Young Modulus         | 69 Gpa  |
| tensile strength      | 125 MPa |
| yield strength        | 55 MPa  |
| Elongation            | 25–30%  |

Sumber: Kalpakjian 1995



**Gambar 1.** Geometri Pahat Karbida

**Tabel 3.** Mekanikal Propertis Pahat Karbida

| Mechanical properties        | Nilai |
|------------------------------|-------|
| Hardnes (HV3)                | 1750  |
| Young's modulus (GPa)        | 620   |
| Tegangan Retak (Gpa)         | 2.4   |
| Konduktifitas termal (W/m.K) | 97    |

Sumber: Kalpakjian 1995

maka digunakan pahat karbida tidak berlapis dengan pengenalan DCGX 11 T3 04-Al  $r_e = 0,4 \text{ mm}$ ;  $s = 4 \text{ mm}$  dan pemegang pahat dengan pengenalan SDJCL 2020K 11 ( $-3^\circ$ ). Geometri pahat yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1, dan sifat mekanik pahat ditunjukkan pada Tabel 3.

Mesin bubut yang digunakan adalah mesin CNC LATE FOCUS dengan putaran maximum 4000 Rpm, yang memiliki diameter pengecam 180 mm, panjang ruang benda kerja 300 mm dan daya 3 HP. Untuk melihat foto makro digunakan USB microscop dan surface test digunakan untuk melihat kekasaran permukaan. Pengujian ini dilakukan dengan membubut *cilndrical cutting* dengan satu mata pahat potong (*single point turning tools*). Adapun data kondisi pemesinan yang diperoleh, ditunjukkan pada Tabel 4.

Data diambil dengan membatasi nilai rentang pemesinan laju tinggi seperti yang direkomendasikan oleh (Schutz dan moriwaki 1992). Laju pemotongan  $V = > 1000 \text{ m/min}$  dan kedalaman potong  $a$  ditentukan dengan variasi antara 1-1.5 mm, serta laju pemakanan  $f$  dengan rentang 0.12-0.23 mm/rev.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Teoritis

Dari kondisi pemotongan dapat diperoleh parameter pemesinan yang berpengaruh pada kekasaran permukaan, diantaranya adalah: gaya potong (F), kecepatan geser (Vs) dan gaya geser Fs. Dengan data pada Tabel 4 dan Persamaan 1, 2 dan 3, maka hasil perhitungan parameter pemesinan teoritik dapat ditunjukkan pada Tabel 5.

$$F = F_v / \cos(\eta - \theta) \quad (1)$$

$$V_s = V \cos \gamma \theta / \cos(\theta - \gamma) \quad (2)$$

$$F_s = F \cos(\theta + \gamma) \quad (3)$$

**Tabel 4.** Kondisi Pemesinan

| Kondisi | V    | f    | a   | d      | n    | t    | L   | Ra   |
|---------|------|------|-----|--------|------|------|-----|------|
| 1       | 1000 | 0,2  | 1,5 | 142    | 2242 | 0,63 | 285 | 3,4  |
| 2       | 1250 | 0,17 | 1,2 | 140,25 | 2843 | 0,56 | 275 | 2,31 |
| 3       | 1000 | 0,23 | 1,2 | 140,25 | 2272 | 0,55 | 288 | 4,97 |
| 4       | 1250 | 0,12 | 1   | 137,65 | 2893 | 0,61 | 267 | 1,53 |

**Tabel 5.** Parameter Pemesinan Teoritik

| V<br>(m/min) | f<br>(mm/rev) | a = w<br>(mm) | $\alpha$<br>(°) | K <sub>r</sub><br>(°) | V <sub>s</sub><br>(m/min) | F <sub>s</sub><br>(N) | F<br>(N) | Ra<br>( $\mu$ m) |
|--------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|----------|------------------|
| 1000         | 0.2           | 1.5           | -3              | 93                    | 1048.2                    | 1198.8                | 4725.2   | 3.4              |
| 1000         | 0.23          | 1.2           | -3              | 93                    | 1063.9                    | 1213.7                | 4109.7   | 4.97             |
| 1250         | 0.17          | 1.2           | -3              | 93                    | 1298.1                    | 1189.7                | 5319.8   | 2.31             |
| 1250         | 0.12          | 1             | -3              | 93                    | 1278.5                    | 1175.6                | 7134.1   | 1.53             |

### Analisis Hasil Kondisi Pemotongan

*Kondisi 1,  $u = 1000 \text{ m/min}$ ,  $a = 1.5 \text{ mm}$ ,  $f = 0.2 \text{ mm/rev}$*

Kndisi pemesinan 1 menghasilkan kekasaran permukaan  $Ra = 3.4 \mu\text{m}$ , dengan waktu pemesinan  $t = 0.63$  menit. Hal ini diperlihatkan bahwa kondisi permukaan masih dalam kekasaran yang tinggi. Kondisi ini disebabkan terlalu tingginya nilai laju pemakanan, yaitu sebesar  $0.2 \text{ mm}$ , sehinggaterjadi jarak laju makan yang jauh seperti diperlihatkan pada Gambar 2a.

*Kondisi 2,  $u = 1250 \text{ m/min}$ ,  $a = 1.2 \text{ mm}$ ,  $f = 0.17 \text{ mm/rev}$*

Kondisi pemesinan 2 menghasilkan kekasaran permukaan  $Ra = 2.31 \mu\text{m}$ , dengan waktu pemesinan  $t = 0.56$  menit. Nilai kekasaran permukaan pada kondisi pemesinan ini sedikit lebih baik dari kondisi sebelumnya. Kondisi ini memperlihatkan bahwa nilai laju pemakanan tidak memiliki pengaruh yang signifikan. Penurunan laju pemakanan dan kedalaman potong, belum dapat menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang dianggap cukup baik

*Kondisi 3,  $u = 1000 \text{ m/min}$ ,  $a = 1.2 \text{ mm}$ ,  $f = 0.23 \text{ mm/rev}$*

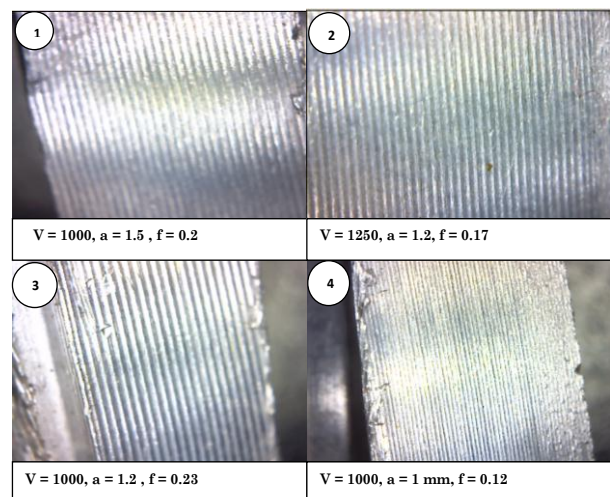
Kondisi pemesinan 3 menghasilkan kekasaran permukaan  $Ra = 4.97 \mu\text{m}$ , dengan waktu pemesinan  $t = 0.55$  menit. Dengan mengurangi nilai laju pemotongan V, menjadi sebesar  $1000 \text{ m/min}$  dan meningkatkan nilai laju pemakanan, menghasilkan kekasaran permukaan seperti diperlihatkan pada Gambar 2c. Nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dengan kondisi pemesinan 3, lebih tinggi dari nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dari kondisi pemesinan sebelumnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2a dan 2b. Secara makro nampak bahwa nilai kekasaran permukaan yang paling tinggi terjadi pada kondisi pemesinan 3.

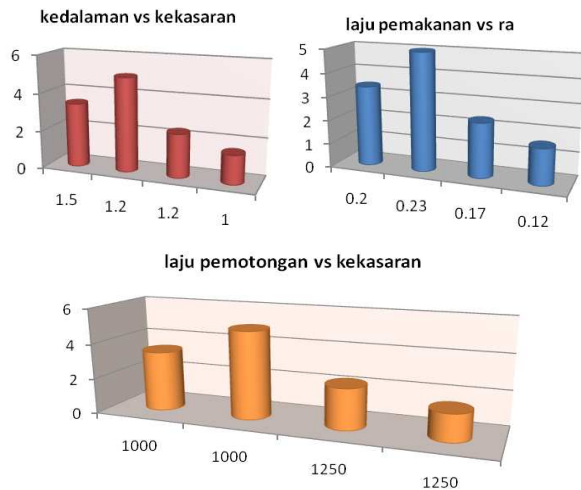
*Kondisi 4,  $u = 1250 \text{ m/min}$ ,  $a = 1$ ,  $f = 0.12 \text{ mm/rev}$*

Kondisi pemesinan 4 menghasilkan kekasaran permukaan  $Ra = 1.53 \mu\text{m}$  dengan waktu pemesinan  $t = 0.61$  menit. Dengan menaikkan nilai laju pemotongan dan menurunkan nilai laju pemakanan serta kedalaman potong menunjukkan hasil kekasaran permukaan yang direkomendasikan sebagai kondisi pemesinan yang tepat. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kualitas benda kerja dan ongkos produksi semakin rendah dengan semi *finishing* dengan kekasaran permukaan  $< 1.6 \mu\text{m}$ .

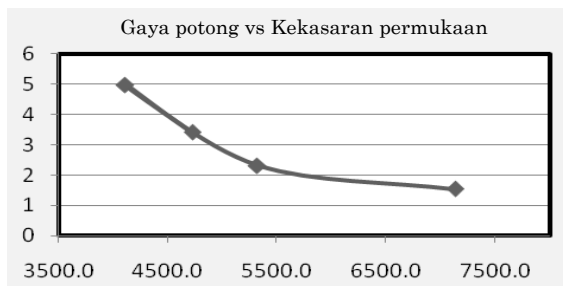
Pengaruh variable bebas laju pemotongan (V), kedalaman potong (a) dan laju pemakanan (f) pada kekasaran permukaan yang dihasilkan pada ke 4 kondisi pemesinan diperlihatkan pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 kurva kedalaman terhadap kekasaran permukaan memperlihatkan bahwa tidak semua kondisi kedalaman potong mempengaruhi kekasaran permukaan. Hal ini terbukti bahwa pada kedalaman potong  $a = 1.2 \text{ mm}$ , kekasaran permukaan yang diperoleh sebesar  $Ra = 4.97 \mu\text{m}$ . Sedangkan pada kedalaman potong  $a = 1.5 \text{ mm}$ , nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan berada pada angka  $Ra = 3.4 \mu\text{m}$ .

**Gambar 2.** Foto Makro Kekasaran Permukaan



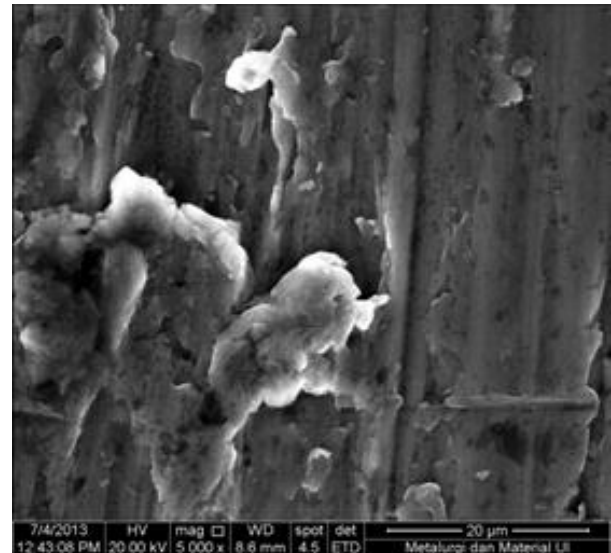
**Gambar 3.** Kondisi Pemotongan vs Kekasaran Permukaan



**Gambar 4.** Kurva Gaya Potong vs Kekasaran Permukaan

Kurva laju pemakanan memperlihatkan bahwa pengaruh laju pemakanan sangat menentukan kekasaran permukaan. Pada laju pemakanan  $f = 0.12$  mm, nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan  $Ra = 1.53 \mu\text{m}$ . Sedangkan pada laju pemakanan  $f = 0.23$ , nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan  $Ra = 4.97 \mu\text{m}$ . Kurva laju pemotongan tidak serta merta mempengaruhi nilai kekasaran permukaan. Hal ini terbukti pada 2 kondisi pemesinan dengan laju pemotongan  $V$  yang lebih besar (1250 m/min) justru menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih rendah. Kenaikan nilai kekasaran permukaan ditentukan oleh nilai laju pemakanan. Kenaikan laju pemakanan berbanding terbalik dengan kekasaran permukaan yang dihasilkan. Dengan gaya potong yang semakin besar maka nilai kekasaran semakin kecil.

Dilihat dari kondisi menggunakan foto mikro SEM diperlihatkan bahwa terjadi cacat (*defect*) permukaan benda kerja pada kondisi terendah  $V = 1000$  m/min  $f = 0.12$  mm/rev dan  $a = 1$  mm, dapat ditunjukkan dengan Gambar 5. Kondisi terendah memperlihatkan adanya terjadi koyak pada permukaan (*tearing surface*) ada kemungkinan kondisi ini di akibatkan oleh ketidakseimbangan akibat getaran antara pahat dan benda kerja yang disebabkan oleh beban dinamik dari kondisi pemotongan.



**Gambar 5.** Foto Micro Menggunakan SEM

## KESIMPULAN

Pada pemotongan aluminium 6061 menggunakan pahat karbida diperoleh variabel yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan.

Nilai yang direkomendasikan untuk kondisi pemotongan selanjutnya adalah  $f < 0.17$  mm/rev dan  $f = 0.12$  m/min, agar nilai kondisi semi *finishing* seperti yang direkomendasikan oleh Kalpakjian dapat terpenuhi untuk penggunaan bubut (*turning proses*). Pengaruh gaya potong berbanding terbalik dengan nilai laju pemotongan. Kedalaman potong dan laju pemotongan juga berpengaruh pada kekasaran permukaan, namun tidak pada setiap kondisi yang ditentukan.

Diperlihatkan bahwa terjadi cacat (*defect*) permukaan benda kerja pada kondisi terendah  $V = 1000$  m/min  $f = 0.12$  mm/rev dan  $a = 1$  mm, terendah memperlihatkan adanya terjadi koyak pada permukaan (*tearing surface*) ada kemungkinan kondisi ini di akibatkan oleh Ketidakseimbangan akibat getaran antara pahat dan benda kerja yang disebabkan oleh beban dinamik dari kondisi pemotongan. Kondisi ini akan terus dipelajari untuk melihat lebih tajam tentang permukaan benda kerja termesin.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis Mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa dan orang tua, selanjutnya penulis juga berterima kasih kepada Ditlitabmas Ditjen Dikti Kemendikbud yang telah mempercayai kepada penulis untuk memberikan dana penelitian melalui hibah bersaing. Semoga tulisan ini dapat menjadi referensi bagi dunia industri dan akademik.

# DAFTAR PUSTAKA

- [1] Itoigawa, F. *et al*, Effects and Mechanisms in Minimal Quantity Lubrication Machining of an Aluminium Alloy, *Journal of Materials Processing Technology*, 2006.
- [2] Kishway, H. *et al*, Effect of Coolant Strategy On Tool Performance, Chip Morphology and Surface Quality During High Speed Machining of A356 Aluminium Alloy, *Journal of Materials Processing Technology*, 2005.
- [3] Jianwen, H.U. and Kevin Chou, Y., Characterizations of Cutting Tool Flank Wear-land Contact, *Journal of Materials Processing Technology*, 2007.
- [4] Kalpakjian, S., *Manufacturing Process for Engineering and Technology*, Third Edition, Addison Wesley Publishing Company, 1995.
- [5] Rochim, T., *Teori dan Teknologi Permesinan*, HEDS. 1993.
- [6] Schultz, H. and Moriwaki, T., *High speed Machining*, Annals of the CIRPP, 1992.
- [7] Sreejith, P.S. and Ngoi, B.K.A., *Dry Machining, Machining of the Future*. J. Mater. Proc. Technology, 2000.
- [8] Tugrul O` Zel and Karpas, Y., Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45, pp. 467–479, 2005.